

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ostrava 2015

Radek Číhal

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

**Rekonstrukce terciárního stupně drcení
v kamenolomu Hrabůvka**

**Reconstruction of the Tertiary Degree of Crushing
in Stone Quarry Hrabůvka**

Bakalářská práce

Autor:

Radek Číhal

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Hummel Ph.D

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

Zadání bakalářské práce

Student: **Radek Číhal**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R012 Využívání zdrojů stavebních nerostných surovin
Téma: **Rekonstrukce tercierního stupně drcení v kamenolomu Hrabůvka**
Reconstruction of the Tertiary Degree of Crushing in Stone Quarry Hrabůvka

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Charakteristika lokality
2. Popis technologie těžby a úpravy suroviny
3. Návrh na změnu v technologické lince
4. Základní technické, ekonomické a ekologické zhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 25 - 30 stran textu, 3 - 5 příloh.

Seznam doporučené odborné literatury:

KRYL, V. a kol.: *Povrchové dobývání ložisek*. 1. vyd. VŠB Technická univerzita Ostrava, 1997. 282 s. ISBN 80-7078-396-6

SLIVKA, V. a kol.: *Těžba a úprava silikátových surovin*. 1. vyd. Praha: Silikátový svaz Praha, 2002, 443 s., ISBN 80-903113-0-X

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Hummel, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015

doc. Ing. Petr Žůrek, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Přílohu č. 1 až 3 jsem samostatně doplnil.

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo bakalářskou práci nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím také s tím, že údaje o bakalářské práci, které jsou uvedeny v Záznamu o závěrečné práci, jež je umístěn v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

- Bylo sjednáno, že v případě zájmu o komerční využití ze strany VŠB-TUO, uzavřu s VŠB-TUO licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo, bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO. V takovém případě je VŠB-TUO oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 15. 3. 2015

Radek Číhal



ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá změnou v technologické lince na úpravu drceného kameniva v kamenolomu Hrabůvka. Tato úprava má především přinést zvýšení tržeb a snížení provozních nákladů.

V úvodu bakalářské práce je popsán kamenolom Hrabůvka z hlediska petrografie a historie. Následuje popis technologie těžby a úpravy rubaniny, která prochází třemi stupni drcení. Uvedeny zde jsou typy drtičů a třídičů použitých v technologické lince. Podrobněji se bakalářská práce zaměřuje především na terciární uzel drcení a jeho rozsáhlou rekonstrukci. V závěru nechybí ani technické, ekologické a ekonomické zhodnocení tohoto řešení.

Klíčová slova: Frakce, drtič, kapacita

SUMMARY

The bachelor thesis deals with the change of technological line for crushed stone treatment in Hrabůvka quarry. The primary goal of this adjustment is to increase revenues and reduce operating costs.

The introduction of the bachelor thesis describes Hrabůvka quarry in terms of petrography and history. It is followed by the description of the mining technology and raw stone treatment, which consists of three stages of crushing. The types of crushers and separators used in the technological line are listed in this part. The thesis mainly focuses on the details of the tertiary crushing node and its extensive reconstruction. The conclusion contains the technical, environmental and economic assessment of this solution.

Keywords: Fractions, crusher, capacity

Děkuji vedoucímu této bakalářské práce Ing. Martinu Hummelovi Ph.D. za vedení, připomínky a odbornou pomoc při vypracování mé bakalářské práce.

Děkuji také firmě Českomoravský štěrk a.s. Mokrý 359 a panu Ing. Červenkovi za poskytnuté materiály.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Charakteristika kamenolomu Hrabůvka	2
2.1	Poloha kamenolomu	2
2.2	Petrografie a geologická stavba ložiska.....	3
2.3	Odvodnění lomu	3
2.4	Zásoby na ložisku	4
3	Technologie těžby a úpravy kameniva	5
3.1	Způsob rozpojování hornin.....	5
3.2	Nakládání a odvoz rubaniny na drtič	5
3.3	Úprava kameniva	6
3.3.1	Primární uzel drcení.....	7
3.3.2	Sekundární uzel drcení.....	8
3.3.3	Terciární uzel drcení	9
3.3.4	Finální třídírna	10
4	Návrh na změnu technologické linky	13
4.1	Kapacitní zkoušky.....	13
4.1.1	Odběr vzorků a síťové rozborý.....	14
4.1.2	Vyhodnocení výsledků kapacitních zkoušek	18
4.2	Třidič Metso.....	20
4.3	Kuželový drtič Sandvik	22
4.4	Dopravníky a pomocná zařízení	26
5	Vyhodnocení návrhu.....	28
5.1	Ekonomické zhodnocení.....	28
5.2	Ekologické zhodnocení.....	32

6	Závěr	33
7	Seznam použité literatury	34
8	Seznam obrázků	35
9	Seznam tabulek	36
10	Seznam příloh	37

Seznam použitých zkratk

ASRi	Inteligentní automatická regulace nastavení výstupní štěrbiny
m	Metr
č	Číslo
g	Gram
Kč	Korun českých
Kč·rok ⁻¹	Korun českých za rok
kg·m ⁻³	Kilogram na metr krychlový
km	Kilometr
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatthodina
l·s ⁻¹	Litr za sekundu
m n. m.	Metry nad mořem
mm	Milimetr
m·hod ⁻¹	Metřů za hodinu
POPD	Plán otvírky přípravy a dobývání
t	Tuna
t·h ⁻¹	Tun za hodinu

1 Úvod

Výroba drceného a těženého kameniva je velmi důležité odvětví stavebnictví. Kamenolom Hrabůvka ročně dodá na trh kolem 1 000 000 tun drceného kameniva. Neustálý zvyšující se tlak na kvalitu výrobků se zachováním stejné ceny nás nutí přemýšlet, jak snižovat náklady na výrobu. Další podstatný problém na provozovně Hrabůvka je nedostatek frakce 4/8 a nedostatečný odbyt frakce 0/4, jejíž skladování nám v současné době činí značné problémy. Z těchto důvodů navrhuji ve své bakalářské práci úpravu terciárního stupně drcení, která by měla vést k vyšší efektivnosti výroby, ke zvýšení výroby frakce 4/8 a naopak ke snížení množství frakce 0/4.

Z výše uvedených důvodů je proto cílem mé bakalářské práce úprava terciárního stupně drcení. Mé řešení se opírá o:

- kapacitní zkoušky, které jsem prováděl před vstupem na terciární drtírnu a na výstupu z terciární drtírny.
- program, který na provozovně monitoruje spotřebu elektrické energie u jednotlivých strojů. Měření probíhá během celé směny a to jak pod zatížením, tak bez zatížení a dává nám tak poměrně přesný obraz o využití jednotlivých strojů.

2 Charakteristika kamenolomu Hrabůvka

2.1 Poloha kamenolomu

Kamenolom Hrabůvka se nachází asi 5 km severozápadně od Hranic na Moravě. Lokalita spadá do jihozápadního podhůří Oderských vrchů, které náleží do Nízkého Jeseníku. Ložiskové území má délku asi 1 km a šířku 400 m a leží mezi silnicemi Velká - Radíkov a Velká - Lhotka ve vzdálenosti 1 km od dálnice D 1 mezi Lipníkem nad Bečvou a Hranicemi na Moravě (viz obrázek č. 1 a obrázek č. 2). Území je odvodňováno na západě Uhřínovským potokem, na východě potokem Velička a na jihu Radíkovským potokem. Kamenolom je sedmi etážový. [1]

Těžba kamene se na ložisku provádí od roku 1900. Kamenolom je významným výrobcem kvalitního přírodního drceného kameniva v moravském regionu.



Obrázek č. 1: Turistická mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj www.mapy.cz)



Obrázek č. 2: Letecká mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj www.mapy.cz)

2.2 Petrografie a geologická stavba ložiska

Nejkvalitnější surovinou ložiska jsou droby. Droby tvoří asi 1/3 ložiska. 2/3 objemu ložiska tvoří horniny flyšového charakteru, u kterých se střídavě mění poměr drob a prachovců a v malé míře prachovité břidlice. Droby jsou většinou jemnozrnné až středně zrnné. V nadloží se nacházejí slepence středně zrnné až hrubozrnné. Jádru ložiskového území je tvořeno drobami o mocnosti 40 - 50 metrů. V nadloží se nachází slepence o mocnosti asi 15 metrů a v podloží se nachází flyše o mocnosti 120 m. [1]

2.3 Odvodnění lomu

Blok hornin se odvodňuje do jezera v zatopené části lomu. Z jezera se podzemní voda infiltruje narušeným skalním masivem a vyvěrá v prostoru prameniště Radíkovského potoka na kótě 290 m n. m. Hlavním zdrojem důlních vod jsou puklinové vody horninového masivu a srážkové vody. Voda z jezera je využívána v technologii výroby na

skrápění úseků se zvýšenou prašností, na praní frakce 4/8 a v průběhu roku na skrápění cest. Technologie na úpravu drceného kameniva je řešena jako suchá. Vzhledem k tomu, že přítok důlní vody je odhadován na $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a spotřeba pro technologii je asi poloviční, je nutné vodu odčerpávat. [1]

Dalším důvodem odčerpávání je zatopení kóty 290 m n. m., kde se v roce 2015 plánuje těžba. V současné době kolísá hladina v jezeře na úrovni 270 – 290 m n. m. a těžba je prováděna na kótě 300 m n. m. Odčerpávání zajišťuje ponorné čerpadlo OVBU 0804 s výkonem $14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.4 Zásoby na ložisku

V letech 1987 - 1990 byl na ložisku proveden těžební průzkum. Vyhodnocení průzkumných prací provedených do té doby na ložisku bylo shrnuto do závěrečné zprávy č. 02 87 4056 5 331 3808 1, jejíž součástí je návrh na schválení zásob se stavem ke dni 30. 9. 1990. Na ložisku bylo vyčísleno celkem $20\,858\,000 \text{ m}^3$ bilančních volných zásob v kategoriích B, C1 a C2. Při měrné hmotnosti $\rho = 2700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ činí $56\,316\,6 \cdot 10^5 \text{ kg}$. Podle ročního výkazu o pohybu stavu zásob výhradních ložisek nerostných surovin za rok 1999 se na ložisku ke dni 1. 1. 2000 nacházelo celkem $18\,903\,000 \text{ m}^3$ bilančních volných zásob surovin. K úbytku zásob bude docházet pouze těžbou v množství $250\,000 \text{ m}^3$ za rok, to je $675\,000 \cdot 10^3 \text{ kg}$. [1]

Celkový objem vytěžitelných zásob k 11/2012 byl vypočten ve výši $11\,900\,000 \text{ m}^3$ [2], při průběžné těžbě $1\,000\,000 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ budou zásoby vydobyty do 30 let.

Na lokalitě se podle petrografického popisu vyskytují: droby, prachovce, slepence, břidlice a flyš s různým poměrem drob, prachovců a břidlic. Uvedené horniny mají velmi podobné technologické vlastnosti, proto je surovina dělena pouze na vhodnou k výrobě drceného kameniva a na nevhodnou horninu jako je výkliz nebo technologický odpad. [1]

Velikost technologického odpadu při výrobě drceného kameniva pro celé ložisko byla stanovena na 17 %. [1]

Výrubnost na ložisku činí 97 %. Množství suroviny nevhodné k výrobě drceného kameniva činí 3 % objemu ložiska. Toto množství bude odtěženo ve formě odklizu.

3 Technologie těžby a úpravy kameniva

3.1 Způsob rozpojování hornin

Horniny jsou rozpojovány pomocí trhacích prací velkého rozsahu, které do konce roku 2014 zajišťovalo středisko hromadné těžby. V současné době jsou práce prováděny dodavatelskou organizací. Ročně je takto rozpojeno asi 1 000 000 tun horniny. Proto, že se v blízkosti lomu nachází obec Hrabůvka, jsou stanovené mezní hodnoty hmotnosti náloží na jeden clonový odstřel v závislosti na vzdálenosti objektů od clonového odstřelu. Hmotnosti náloží se pohybují od 1350 kg do 3000 kg. Má se tak minimalizovat účinek seismických a tlakových vln na objekty.

Vrtací práce jsou prováděny vrtacími soupravami, hlavně soupravou Atlas Copco ROC L6 s ponorným kladivem a výkonem $20 \text{ m} \cdot \text{hod}^{-1}$. Jde o vrtací soupravu s ponorným kladivem s rotačně příklepovým vrtáním. Průměr vrtů je 90 - 120 - 115 mm.

K iniciaci se používá elektrických roznětů. Rozbušky se používají milisekundové. Zapojují se sériově nebo seriově - paralelní. [1]

Trhací práce malého rozsahu pro rozpojování nadměrných kusů se již několik let na provozovně neprovádí. Hlavním důvodem je malá vzdálenost lomu od obce Hrabůvka což je vidět na obrázku č. 1 a obrázku č. 2. Sekundární rozpojování nadměrných kusů se proto provádí pomocí hydraulických kladiv nasazených jako příslušenství na lopatových rypadlech.

3.2 Nakládání a odvoz rubaniny na drtič

Nakládání rozvalu je prováděno lopatovými rypadly. Část těžby je prováděna dvěma elektrickými lopatovými rypadly E 303 (viz obrázek č. 3) a část hydraulickým rypadlem Liebherrem 944.

Elektrické rypadlo E 303 je plně mechanické rypadlo s hloubkovou lopatou o objemu 3 m^3 , pohání se elektricky střídavým napětím 6 kV. Výhodou jsou malé provozní náklady. Vzhledem k jednoduché konstrukci se téměř všechny opravy provádí vlastními silami. Velkou nevýhodou je však malá mobilita.



Obrázek č. 3: Rypadlo E 303 při nakládce (foto autor)

Lopatové rypadlo Liebherr 944 je hydraulické rypadlo poháněné dieselovým motorem a hloubková lopata má objemu $1,6\text{ m}^3$. Nevýhodou stroje jsou vyšší provozní náklady, jak při opravách, tak ve spotřebě pohonných hmot. Výhodou je mobilita stroje.

Odvoz rubaniny zajišťují dumpery Komatsu s užžitnou hmotností 40 t.

3.3 Úprava kameniva

V kamenolomu je úprava kameniva prováděna na třístupňové technologické lince o roční kapacitě cca 1 000 000 tun. Viz technologické schéma na příloze č. 1.

Linka dokáže pracovat v plně automatizovaném provozu, který kontroluje jeden zaměstnanec z místnosti velínu. Ten také do procesu zasahuje v případě změny parametrů linky.

Celý proces úpravy je suchý. Pro zlepšení kvality frakce 4/8 je možné tuto na konci technologické linky upravit mokrým procesem.

Linka byla uvedena do provozu v roce 2004. V té době byla schopna vyrobit frakce: 0/4, 4/8 praná i nepraná, 8/16, 11/22, 16/32, 32/63, 63/125, 0/32 a 0/63. Po drobné rekonstrukci v roce 2012 je možné vyrábět i frakci 100/300 vhodnou jako pohledové kamenivo do Gabionů.

3.3.1 Primární uzel drcení

Primární uzel drcení má několik funkcí. Jednou z hlavních funkcí je z navezené rubaniny oddělit frakci 0/32 nebo 0/63 a to bez drcení. Další funkcí je podrcení bloků větších jak 300 mm na frakci 125/300 a připravit tak materiál pro vstup do sekundárního drtiče.

Oddělení frakce 0/32 nebo 0/63 probíhá na dvou třídících. A to na odhliňovacím hrubotřídíči 1600×4000 firmy Brauer a vibračním třídíči Free Floo firmy Sandvik. Drobný, místy zahliněný materiál, tak jde mimo primární drtič, čímž zbytečně nedochází k jeho opotřebování, zahlcování a k nalepování drobného materiálu.

Jako primární drtič je použit jednospěrný čelistový drtič CJ 612 firmy Sandvik se vstupním otvorem 1200×1000. Regulace podavače do primárního drtiče je řešena pomocí ultrazvukového snímače hladiny. Podávání do drtiče je tak plně zautomatizováno. Snížení prašnosti je řešeno pomocí skrápění směsí vody s pěnidlem. Balvany, které ucpou a zablokují vstupní otvor do drtiče, jsou rozbíjeny pomocí rozbíjecího hydraulického kladiva firmy Davon.

Doprava mezi jednotlivými stroji je zabezpečována pomocí stabilních pásových dopravníků. Hlavní části pásových dopravníků je: poháněcí stanice, vratná stanice, pryžový pás a elektrické příslušenství. Všechny dopravníky v technologii mají jednobubnový pohon s jednou pohonnou jednotkou. Napínání dopravníku je zajištěno pomocí závaží nebo napínacích šroubů umístěných na vratné stanici. [3]



Obrázek č. 4: Primární uzel drcení (foto autor)

3.3.2 Sekundární uzel drcení

Na sekundárním uzlu technologie dochází k výrobě frakcí 0/8, 32/63, 32/63 B1 (železniční šterky) a 100/300. Hlavními stroji jsou třídič Brauer 2400×6000×3 a sekundární kuželový drtič H 6800 firmy Sandvik. Hlavním úkolem tohoto uzlu je zdrobnění materiálu před posledním stupněm drcení a výroba výše uvedených frakcí.

Tento uzel je opatřen vratným okruhem, kterým se vrací nedostatečně podrcený materiál. V případě výroby 32/63 B1 i materiál 10/32 a část materiálu 32/63 v množství, které určí obsluha linky. Zajišťuje se tak vhodný tvarový index železničních šterků již na druhém stupni drcení.

Drtič H 6800 firmy Sandvik je kuželový ostroúhlý drtič s podepřeným kuzelem, se vstupním otvorem o průměru 2104 mm a hodinovým výkonem $600 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Drtič je opatřen systémem Hydroset, který umožňuje snadno a rychle změnit nastavení výstupní šterbiny. Jako ochrana před přetížením a pro případ, že se do drtiče dostanou nedrtitelné předměty, je systém Hydroset opatřen akumulátorem. [5] Po mých mnohaletých zkušenostech, je však zřejmé, že pokud se do drtiče dostane nedrtitelný předmět, tyto

akumulátory nestačí včas zareagovat a dochází tak k poškození pláště. Proto jsou před kuželovým drtičem nainstalovány indikátory kovu, které podávací dopravníky včas zastaví.



Obrázek č. 5: Drtič H 6800 (foto autor)

3.3.3 Terciární uzel drcení

Na terciárním stupni drcení dochází ke konečnému zdrobnění materiálu před finálním tříděním. Ze sekundárního uzlu sem přichází materiál 0/63. Množství frakce 0/8 obsažené v přichozím materiálu je závislé na tom, jestli se na sekundárním uzlu tato frakce vypouští nebo ne. Terciární stupeň drcení dále umožňuje v omezené míře přidávat pomocí nakladače materiál rovnou na finální třídištnu mimo drtiče. Tento způsob je používán, pokud dojde z důvodů poruchy ke znehodnocení některé úzké frakce.

Při výrobě frakce 32/63 B1 na sekundárním uzlu se na terciéru zpracovává materiál 0/32. K drcení jsou zde použity dva kuželové drtiče firmy Sandvik.

Drtič H 4800 firmy Sandvik je kuželový ostroúhlý drtič s podepřeným kuželem, se vstupním otvorem o průměru 1540 mm a hodinovým výkonem $230 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Drtič je osazen systémem Hydroset.

Drtič H 3800 firmy Sandvik je kuželový ostroúhlý drtič s podepřeným kuželem, se vstupním otvorem 1360 mm a hodinovým výkonem $175 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Drtič je osazen systémem Hydroset.



Obrázek č. 6: Drtiče H 3800 a H 4800 (foto autor)

3.3.4 Finální třídírna

Na finální třídírně dochází k výrobě úzkých frakcí 0/4, 4/8, 8/16, 11/22, 16/32 a 32/63. Na třídění jsou použity tři třídiče. Vstup je osazen třídičem Euroklass, který vyrábí

materiál 11/22. Podsítný materiál pokračuje na třídíči Hewitt Robins a nadsítný materiál na třídíči RT.

Třídíč Euroklass je třídíč s kruhovým pohybem ke třídění v oblasti jemného, středního a hrubého zrna od 1 do 120 mm, ve výjimečných případech 200 mm. Třídíč má v těžišti budič výstřednosti a vytváří kruhové pohyby. Stroj se postaví do sklonu a tím je zajištěn transport materiálu. Stroj je uložen na měkce nastavených pružinách a tím je přenášení sil do základů velmi nízké. Těleso stroje se sestává ze dvou bočních stěn se systémem nosníků pružin, příčných nosníků a trubkové ochrany na hřídele zadních plechů. Používaný materiál odpovídá vysokým požadavkům na vibrační zařízení se zřetelem na pevnost, otěr a korozi. Příčné nosníky mají ideální tvar pro vibrační pohyb a mohou být 100 % chráněny proti otěru. Stavební díly se nespojují svařováním, nýbrž nýtováním. Hlavní přednosti nýtování jsou především v tom, že nedochází k žádnému tepelnému napětí při svařování a ve spoji je přesná a konstantní vysoká síla předpětí. Budič vibrace se skládá z excentricky uložené vibrační hřídele pohybující se ve valivých ložiskách s olejovým mazáním a vibračních kotoučů připevněných na symetrických čepech hřídele. Speciální těsnění účinně zabraňuje vnikání nečistoty do ložisek a také zabraňuje průsakům. Pomocí vibračních kotoučů je možné nastavit amplitudu stroje. Třídíč může být vybaven systémem sít, jako jsou potahy z plastické hmoty, lisovaná svařovaná síta a příčné napínaná síta. [6] V našem případě to jsou polyuretanová síta. Třídíč má dvě síťové plochy.

Třídíč Hewitt Robins je třídíč s kruhovým pohybem určený pro třídění jemného až středního zrna od 1 mm do 10 mm. Třídíč má dva budiče výstřednosti. Budicí síla je dodávána pomocí dvou protizávaží montovaných na obou koncích hřídele. Otáčivá síla způsobuje kruhový pohyb vibračního rámu. Hřídel vibrátoru se točí v celé šířce stroje a je na obou stranách uložen ve dvouřadých soudečkových ložiskách speciální konstrukce. Ložiska jsou vmontována do domečků, jež jsou přišroubovány k bočnici třídíče. Tentýž šroubový spoj je použit k připevnění tubusu vibrátoru, který je namontován mezi bočnice vibračního rámu a tak je vzájemně spojuje a současně kryje hřídel vibrátoru. Vibrátor má zásobník oleje, jenž je umístěn po celé šířce vibrátoru. Olejová náplň je společná pro všechny části. Z tohoto důvodu vibrátor nepotřebuje žádné vnitřní olejové těsnění. Třídíč je opatřen příčně napínanými polyuretanovými sítami a má dvě síťové plochy. [7]

Třidič RT je vibrační třidič s přímočarým pohybem skříně, který je odvozen od excentrického hřídele. Skříně třidiče jsou navzájem propojeny pomocí smykových pružin a kyvných ramen, která jsou otočně uložena v podpěrách pevně spojených se základovým rámem. Třidič je dvouplošný, podepřený na podpěrných pryžových pružinách. Při správném seřízení dochází k minimálnímu přenosu dynamických rázů do základů. Třidič je v našem případě osazen gumovými síty.

Z důvodu snížení prašnosti jak na terciárním stupni drcení, tak na finální třídírně je terciární stupeň drcení osazen odsáváním. Vstupy a výstupy z drtičů jsou z tohoto důvodu co možná nejvíce zatěsněny, a aby nedocházelo k tlakovým ztrátám, jsou všechny netěsnosti vyplněny PU pěnou. Odsávání je poměrně složité zařízení, které ke svému provozu potřebuje suchý stlačený vzduch. Proto je, jako pomocné zařízení k látkovému filtru odsávání, dodán kompresor a vysoušeč vzduchu. Suchý stlačený vzduch se zde používá k regeneraci látkových filtrů. Vzduch znečištěný prachem je nasáván soustavou hadic a trubek ventilátorem přes látkové filtry do okolního prostředí. Látkové filtry jsou nasazeny na perforované trubky, které jsou napojeny na pulzní trysky. Jedna z pulzních trysek se v přesně stanovených intervalech otevře a tím dojde k vypuštění rázového tlaku vzduchu do několika trubek. Náraz vzduchu, který uvolní tryska, způsobí sklepnutí prachu z látkového filtru. Sklepnutý prach padá na turniket a je šnekovým podavačem odváděn do zásobníku prachu. Zásobník prachu se tak musí několikrát za týden vyvážet.

Za finální třídírnou se nachází pračka pro frakci 4/8. Pračka je osazena třidičem ETD $1,8 \times 4$ s kruhovým pohybem a dehydrátorem KD 90. Materiál je zkrápěn šesti tryskami osazenými na horní části třidiče. Pro zrychlení sedimentace se do kalů procházejících do kalového pole přidává flokulační činidlo. Nádrž na kaly a nádrž čisté vody jsou mezi sebou propojeny přepadem. Sníží se tak maximálně spotřeba vody na praní. Kvalita vstupního materiálu na pračku bývá velmi proměnlivá a závisí na několika faktorech a to: jestli je frakce 0/8 vypouštěna na sekundárním stupni drcení, na vlhkosti materiálů tříděného na finální třídírně a na zrnitostní skladbě materiálu tříděného na třidiči Hewit Robinss. Proto je podávací dopravník ze sila 4/8 vybaven frekvenčním měničem. Mění se tak ručně množství podávaného materiálu. Nevýhodou pochopitelně je, že se musí několikrát za směnu vizuálně kontrolovat kvalita vyprané frakce 4/8 a podle toho upravovat frekvenci na frekvenčním měniči. Díky praní dostáváme vypranou frakci 4/8 a jako vedlejší produkt pranou frakci 0/4.

4 Návrh na změnu technologické linky

Jak jsem již popsal v úvodu práce, přicházím s řešením, které má snížit produkci frakce 0/4 a naopak zvýšit produkci frakce 4/8. Vycházel jsem při tom z předpokladu, že na terciárním stupni drcení dochází ke zbytečnému zdrobňování frakce 0/8 na frakci 0/4.

Pokud by se frakce blízká frakci 0/8 pouštěla mimo terciární drtírnu, nedocházelo by k jejímu zdrobňování.

Proto chci před třetí stupeň drcení umístit třídič, ze kterého by šel nadsítný materiál do terciárních drtičů a podsítný materiál rovnou na finální třídírnou.

4.1 Kapacitní zkoušky

Na podzim roku 2014 jsem provedl síťový rozbor a kapacitní zkoušku před terciárním stupněm drcení a za ním. Vzorky jsem odebíral z dopravníku vedoucího do vyrovnávacího zásobníku nad drtiči třetího stupně a z dopravníku vedoucího na finální třídírnou. Vzorky jsem odebíral tak, že jsem vypnul dopravník při plném výkonu pomocí bezpečnostního lankového vypínače. Vzorky jsem odebíral z jednoho metru dopravníku do předem připravených igelitových pytlů. Velkou nevýhodou při havarijním vypnutí je, že pokud se v drtící komoře drtiče nachází materiál, je podrcen na stojící dopravník. U dopravníků, které se zapínají přímo stykači tak dochází k značným dynamickým rázům. Tento problém lze vyřešit výměnou stykačů za frekvenční měniče nebo soft startéry.

Síťový rozbor jsem prováděl v laboratoři, která se nachází přímo na provozovně Hrabůvka a dnes se již nepoužívá.

Pro síťový rozbor jsem použil laboratorní třídič (viz obrázek č. 7) se sítí se čtvercovými otvory o velikosti 4, 8, 11,2 a 16 mm. Vážení jsem prováděl na laboratorních vahách.

Vzorky jsem odebíral dvěma způsoby. Při prvním způsobu jsem vypouštěl frakci 0/8 na sekundárním uzlu drcení. Zjistil jsem tak, jaké množství frakce 0/4 a 4/8 obsahuje materiál po posledním stupni drcení s malým množstvím frakce 0/8. Při druhém způsobu

jsem frakci 0/8 na sekundárním uzlu drcení nevypouštěl a snažil jsem se zjistit, jestli a jak se zvýšil podíl frakce 0/4 a 4/8 po posledním stupni drcení.



Obrázek č. 7: Laboratorní třídič (foto autor)

4.1.1 Odběr vzorků a síťové rozbory

Na sekundárním uzlu drcení je možné vyrábět frakci 0/8. Frakce je automaticky tříděna na třídiči Brauer na polyuretanových sítích o velikosti 10 mm. Pokud chceme zvýšit produkci frakce 4/8, je nutné tento materiál pouštět přes třetí stupeň drcení na finální třídiřnu. Zásah do výroby je přitom minimální. Obsluha linky pouze zadá požadavek na změnu technologie na ovládacím panelu, který je umístěn v prostoru velínu a při plném provozu se změní směr reverzního pásu umístěného pod třídičem Brauer. Při prvním odběru vzorků jsem tedy nechal frakci 0/8 puštěnou tak, aby musela projít třetím stupněm drcení.

Tabulka č. 1: Sítový rozbor před drcením s 0/8

Sítový rozbor kameniva 0/63 před třetím stupněm drcení s 0/8				
Frakce	Podíl zrnitosti		Propad sítím	
mm	g	% hm.	mm	% hm.
16/63	43 721	53,83	16	46,22
8/16	15 350	18,90	11,2	35
4/8	8 853	10,9	8	27,29
0/4	13 312	16,39	4	16,39
Celkem	81 221	100		

Z rozboru je zřejmé, že podíl frakce 0/4 ve frakci 0/63 je, bez od třídění v sekundárním uzlu, asi 16,39 % a podíl frakce 4/8 činí 10,9 %.

Vypočítal jsem kapacitu dopravníku, která je $403 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Na třetí stupeň drcení se dostává 16,39 % frakce 0/4 z $403 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Na třetí stupeň se tedy dostává $66,05 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ frakce 0/4, u frakce 4/8 množství činí $44 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

Dále můžeme určit podíl frakcí 0/4 a 4/8 ve frakci 0/8. Po výpočtu vychází, že poměr frakce 0/4 ke frakci 4/8 je 3 : 2.

Tabulka č. 2: Sítový rozbor po drcení s 0/8

Sítový rozbor kameniva 0/63 za třetím stupněm drcení s 0/8				
Frakce	Podíl zrnitosti		Propad sítím	
mm	g	% hm.	mm	% hm.
16/63	17 450	31,08	16	68,9
8/16	14 755	26,28	11,2	53,55
4/8	8 551,3	15,23	8	42,61
0/4	15 373	27,38	4	27,38
Celkem	56 148	100		

Z rozboru je zřejmé, že podíl frakce 0/4 se zvýšil o 11 % a podíl frakce 4/8 o 4,3 %.

Z výsledků je také možno vypočítat, že terciární drtiče drtí pod zátěží 56 minut během jedné hodiny.

Na finální třídírnu odchází 27,38 % frakce 0/4 a 15,23 % frakce 4/8 z celkových $403 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Z toho vyplývá, že ke konečnému třídění se dostává $110,3 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ frakce 0/4 a $61,3 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ frakce 4/8.

Tabulka č. 3: Sítový rozbor před drcením bez 0/8

Sítový rozbor kameniva 0/63 před třetím stupněm drcení bez 0/8				
Frakce	Podíl zrnitosti		Propad sítím	
mm	g	% hm.	mm	% hm.
16/63	43521	67,62	16	32,37
8/16	14275	22,18	11,2	19,26
4/8	2 439	7,1	8	10,2
0/4	1 065	3,1	4	3,1
Celkem	64 361,7	100		

Z tabulek č. 1 a č. 3 lze určit, kolik materiálu by se dostalo do drtičů, pokud bychom použili podobný třídič jako je třídič Brauer. Pomocí výpočtu zjistíme, kolik frakce 0/8 by odcházelo rovnou na finální třídírnu. Na drtiče odchází $319 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ a na finální třídírnu mimo drtiče $84 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ frakce 0/8.

Tabulka č. 4: Sítový rozbor kameniva 0/63 bez 0/8

Sítový rozbor kameniva 0/63 po třetím stupněm drcení bez 0/8				
Frakce	Podíl zrnitosti		Propad sítím	
mm	g	% hm.	mm	% hm.
16/63	20 203	40,15	16	59,85
8/16	15 312	30,43	11,2	41,5
4/8	7 246	14,4	8	29,41
0/4	7 548	15	4	15
Celkem	50 321	100		

Z výsledků tabulky č. 3 a tabulky č. 4 vyplývá, že podíl frakce 0/4 se zvýšil o 11,9 % a frakce 4/8 o 7,1 %.

4.1.2 Vyhodnocení výsledků kapacitních zkoušek

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že pokud se do kuželových drtičů H 3800 a H 4800 dostává materiál s proměnlivým množstvím frakce 0/8, tak na procentuální nárůst frakce 0/4 to nemá zásadní vliv. U frakce 4/8 došlo, u materiálu chudého na frakci 0/8, k mírnému nárůstu o 2,7 %.

Z tabulky č. 2 jsem zjistil, že při stávajícím stavu odchází na třídírnu 110,3 t·h⁻¹ frakce 0/4 a 61,3 t·h⁻¹ frakce 4/8.

Při použití třídiče by rovnou na finální třídírnu odcházelo 84 t·h⁻¹ frakce 0/8. Při poměru 3:2 z toho vychází 50,4 t·h⁻¹ frakce 0/4 a 33,6 t·h⁻¹ frakce 4/8.

Pokud bychom sečetli celkové množství materiálu odcházejícího po drcení na finální třídiřnu a množství materiálu, který jde přímo na třídiřnu, dostáváme:

$$403 + 84 = 487 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že osazení třetího stupně dvěma drtiči je nevyhovující. Drtič H 3800 má kapacitu $175 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ a drtič H 4800 má kapacitu $230 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Budeme však potřebovat drtič s kapacitou: $405 - 84 = 321 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$

Abychom optimálně využili kapacitu třídiřny, musíme třetí stupeň osadit drtičem o kapacitě $320 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

Pro stanovení ekonomičnosti mého řešení bude nutné přepočítat tabulku č. 4 na kapacitu $320 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

Tabulka č. 5: Přepočet síťového rozboru

Přepočet síťového rozboru kameniva 0/63 za třetím stupněm drcení bez 0/8 na $320 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$				
Frakce	Podíl zrnitosti		Propad sítím	
mm	g	% hm.	mm	% hm.
16/63	16 042	40,15	16	59,85
8/16	12 158	30,43	11,2	41,5
4/8	5 753	14,4	8	29,41
0/4	5 993	15	4	15
Celkem	39 957	100		

Při hodinovém výkonu drtiče $320 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ by se na finální třídiřnu po třetím stupni drcení dostalo:

Frakce 4/8

$$5,753 \cdot 2,14 \cdot 3600 = 44,3 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Frakce 0/4

$$5,993 \cdot 2,14 \cdot 3600 = 46 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Celkově po sečtení by se na finální třídírně od třídilo:

Frakce 4/8

Frakce 0/4

$$44,3 + 33,6 = 78 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$46 + 50,4 = 96,5 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$$

Celkově se tedy zvýší výroba frakce 4/8 o $16,7 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ a naproti tomu množství frakce 0/4 se sníží o $13,8 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

4.2 Třidič Metso

Třidič doporučuji osadit do prostoru přesypu dopravníků 217 a 218.

Při výběru třidiče jsem vycházel z konstrukce třidiče, hodinové kapacity, ceny a z názorů pracovníků investičního oddělení, kteří tento třidič znají z jiných provozů naší společnosti.

Všechny třidiče v technologii, kromě jednoho, jsou třidiče s jednou nebo dvěma hřídelemi osazenými v tělese třidiče. Ložiska třidičů, kterými prochází hřídel, jsou výkyvná, umístěná v ložiskových pouzdrech přichycených ke konstrukci třidiče. Mazání je zajištěno olejovou náplní. Množství oleje se podle návodů musí kontrolovat před každou pracovní směnou. Tyto třidiče vykazují velkou provozní spolehlivost a to zhruba do osmi let. Po osmi letech dochází k netěsnostem u ložiskových skříní, k vymačkání hřídelí v místech pod ložisky a k vymačkání ložiskových domků. Při těchto opravách je nutné zejména zajistit čistotu okolí, což bývá ve značně zaprášeném prostředí problém. Hřídele těchto třidičů mají cca šest metrů takže, pokud je hřídel poškozená, bývá s ní dost komplikovaná manipulace. Pokud při těchto opravách nedochází k přesnému dodržení technologických postupů a k maximální čistotě, tak se závady opakují i několikrát za rok. Není třeba dodávat, že náklady na provoz těchto třidičů se díky tomu značně zvyšují. Předností je však poměrně vysoká hodinová kapacita a ostrost třídění.

Jedním z hlavních aspektů proč jsem zvolil třidič Metso, je právě jeho konstrukce. Pohon třidiče je řešen pomocí dvou vibračních motorů opatřených nevývažky.

Nevyvážené hmoty zachovávají vůči sobě v průběhu otáčky stále stejnou hodnotu. Odstředivé síly se sčítají pouze v žádaném směru kmitání a v ostatních polohách nevývažků se síly navzájem ruší. [4]

Při této konstrukci se vyhnu problémům s komplikovanou údržbou a drahými opravami. Motory mají valivá ložiska, která se podle daných intervalů mažou několikrát ročně a nehrozí tu tedy únik oleje. Při poruše na motoru a to ať elektrické nebo mechanické, se motor demontuje a nechá jako komplet opravit ve firmách zabývajících se opravami motorů. Samotná oprava vibračních motorů je tedy značně profesionální a její cena se pohybuje do 30 000 Kč za jeden.

Hlavní data třídiče Metso:

Délka	2 000 mm
Šířka	1 600 mm
Dělicí hranice	45, 22, 11 mm

Sítové plochy 45 mm Panelcord – guma, 22 a 10 mm ocelová síta

Robustní skříň třídiče se skládá z bočnic a nosných ráků. Díky dvojitému naklonění třídící plochy má třídič vysokou kapacitu až $420 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$. Je vhodný k od třídění drobného materiálu mezi prvním a druhým stupněm drcení. [8]

Důležitý je správný přívod materiálu na třídič. Pokud se tak děje v celé šířce přívodní skříň, dosáhne se tím plného využití třídících ploch. Dále je důležité zabránit přímému dopadu materiálu z dopravníku rovnou na horní síta, kde by mohlo dojít k poškození třídiče vlivem dopadové energie. Abychom tomu zabránili, používáme tzv. kaskádu, díky které se materiál dostává na síto v opačném směru, než materiál, který je tříděn na síto. Další výhodou kaskády je její větší životnost, která je způsobená tím, že materiál dopadá přímo na materiál a ne na kovovou konstrukci.

Součástí dodávky je i vstupní kuželový límec a výstupní skluz. Třídič bude standardně osazen snímačem rotace, závalovým čidlem a nadproudovou ochranou motorů. Uzel třídiče bude muset být dovybaven technickým osvětlením, které bude zajištěno led reflektorem.

Z mých zkušeností vím, že tento třídič není vhodné osadit snímačem rotace, protože při vypnutí dochází k poměrně dlouhé setrvačnosti pohybu stroje. Navrhuji proto třídič osadit závalovým havarijním snímačem, který, pokud se umístí na vhodném místě, je velice spolehlivý. Tento snímač by vypínal podávací dopravník č. 217 a zároveň samostatný třídič.



Obrázek č. 8: Třidič Metso

4.3 Kuželový drtič Sandvik

Vzhledem k tomu, že výkonnostně jsou při od třídění frakce 0/8 před terciérem dva drtiče kapacitně nevyhovující, doporučuji vyměnit je za jeden drtič s větší kapacitou než je drtič H 4800. Naše firma dlouhodobě spolupracuje s firmou Sandvik, doporučil bych proto drtič tohoto výrobce pod označením CH 550. Další nespornou výhodou je, že obsluha v kamenolomu Hrabůvka je na tyto drtiče již zaškolená. Údržba drtiče se skládá z denních, týdenních a měsíčních kontrol. Kuželové drtiče z pohledu údržby patří mezi nejnáročnější zařízení v technologické lince. Jen při denní kontrole je nutné provést několik kroků. Z těch hlavních je to kontrola množství mazacího oleje a oleje Systému Hydroset, kontrola napnutí klínových řemenů, kontrola vzduchového filtru přetlaku a kontrola olejových sít na vratném mazacím oleji. Časově tyto úkony zaberou u dvou drtičů zhruba půl hodiny. Jednou týdně se kontroluje množství mazacího tuku v horním ložisku, což je práce, která zabere u dvou drtičů půl hodiny. Do úspor je tedy možné započítat i čas ušetřený při instalaci jen jednoho drtiče místo současných dvou.

Hodinový výkon drtiče se pohybuje v rozmezí $178 - 330 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$.

V současnosti je hladina na terciérních drtičích regulována pomocí mechanických snímačů. Drtiče proto pracují buď se zcela zaplněnou drtící komorou, nebo s nedostatečně zaplněnou drtící komorou. Nedostatečně zaplněná drtící komora má za následek vyšší opotřebování drtících segmentů a špatný tvarový index u zdrobňovaného materiálu. Částečně lze tento systém regulovat změnou polohy snímačů (což je zdlouhavé) a změnou hystereze (což bývá nepřesné). Navrhuji proto nový drtič osadit ultrazvukovým snímačem hladiny a podávací dopravník napojit přes frekvenční měnič. Tento systém se již s úspěchem používá na provozovně v primárním a sekundárním drtiči.



Obrázek č. 9: Drtič Sandvik CH 550

Drcení v kuželovém drtiči probíhá mezi otáčejícím se kuzelem a nepohyblivým drtícím pláštěm. Otáčivého pohybu kuželu je dosaženo otáčivým pohybem excentru, v němž je upevněn hlavní hřídel. Excentr je poháněn přes ozubený převod asynchronním nebo kroužkovým motorem. Kvalita a kvantita je ovlivněna složením vstupní suroviny,

otáčkami, velikostí excentricity, tvarem drtících segmentů, zaplněností drtící komory a celkovými rozměry drtiče.

Drtič Sandvik CH 550 je ostroúhlý kuželový drtič s podepřeným kuželem. Hlavní části drtiče jsou: 1) Horní ložisko

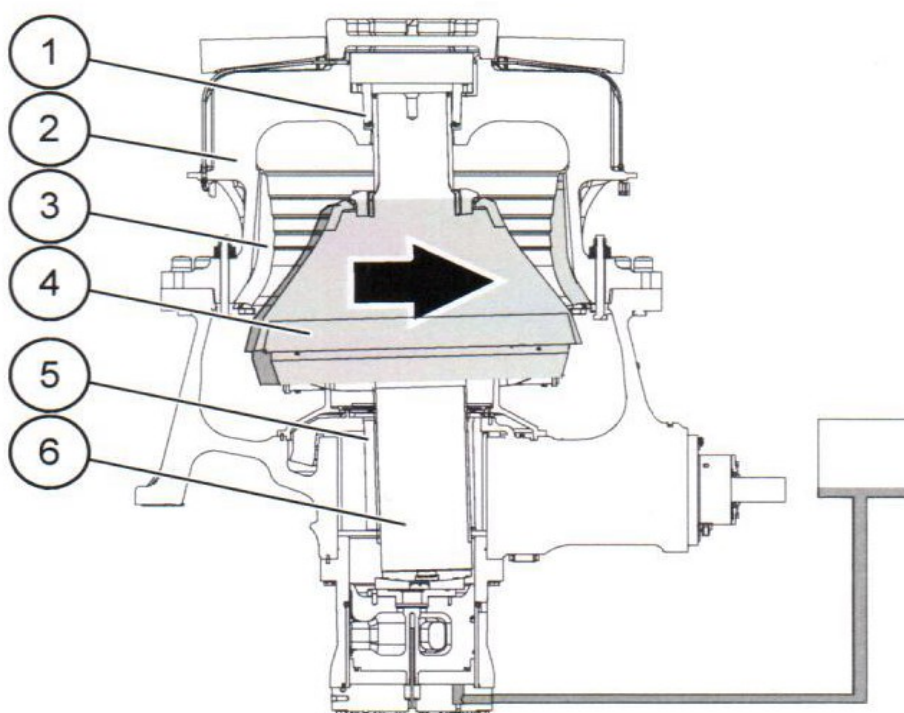
2) Horní díl stroje

3) Drtící plášť

4) Drtící kužel

5) Kompletní excentr

6) Hlavní hřídel



Obrázek č. 10: Schéma drtiče Sandvik CH 550

Na drtiči je použit systém Hydroset, který zajišťuje pohyb kužele nahoru a dolů.

Na drtiči je použit elektronický systém ASRi. Jde o systém, který nastavuje a reguluje drtič a chrání ho před přetížením. [5]

Do řídicí jednotky přichází nepřetržitě informace:

- o výkonu motoru
- o tlaku v systému Hydreset (tento tlak je v podstatě přímo úměrný síle působící proti drcení uvnitř drtiče)
- o poloze hlavní hřídele

Regulaci drtiče lze provádět dvojím způsobem. V prvním případě nastavíme námi požadovanou šterbinu a v druhém případě nastavíme zatížení drtiče. Systém je schopen detekovat veškeré abnormality a v případě překročení mezních hodnot drtič odpojit. [9]

Neodmyslitelnou součástí drtiče je olejové hospodářství sestávající ze dvou oddělených nádrží. Z první nádrže je mazána předloha a hlavní hřídel, druhá nádrž je určená pro systém Hydroset. Horní ložisko se maže ručně plastickým mazivem podle stanovených intervalů. [9]

Drtič je poháněn asynchronním motorem s kotvou na krátko o příkonu 330 kW. Výkon motoru je však nutné přepočítat na velikost zdvihu kužele, který jsem stanovil po dohodě s výrobcem na 44 mm. V tomto případě je příkon motoru 300 kW. Drtiče CH 550 jsou osazeny novými motory IE3 místo motorů IE1. Výhodou těchto motorů je vyšší účinnost. Zvýšená cena za motor se tak vrátí již za jeden rok provozu. Motory se spouští přepínáním hvězda trojúhelník. [9]

4.4 Dopravníky a pomocná zařízení

V mém řešení bude také nutné provést změny týkající se pásových dopravníků. Podávací dopravník do drtiče CH 550 nechám v původním stavu, protože nový drtič má téměř shodné rozměry. Jak bylo popsáno, do drtiče bude nainstalován místo mechanického snímače hladiny ultrazvukový snímač. Aby podávání pracovalo kontinuálně, navrhuji k ovládání podavače použít frekvenční měnič, který podle hladiny buď zpomalí, nebo zrychlí podávací dopravník. Dopravník je v současnosti osazen detektorem kovu. Detektor byl na dopravník zabudován dodatečně a je připojen do obvodů lankových bezpečnostních vypínačů, které jsou vřazeny do celkové automatizace. V současné době při indikaci železa obsluha nepozná, zda jde o vypnutí dopravníku lankovým vypínačem nebo indikátorem železa. Při takto rozsáhlé rekonstrukci se indikátor kovu vřadí standardně do řídicího obvodu automatiky. Odstraní se podávací dopravník do drtiče H 3800. Bude nutné provést zkrácení a úpravu dopravníku 217, což je patrné z přílohy č. 3 a vybudovat dva nové dopravníky, po kterých se bude dopravovat frakce 0/8 na dopravník vedoucí přímo na finální třídírnu. U dopravníků, které se budou jen upravovat, půjde v podstatě jen o jejich zkrácení, takže motory a převodovky zůstanou v původním stavu.

Z pohledu dopravníků proto bude největší položkou výroba dvou nových dopravníků v celkové délce 34 m. Vzhledem k tomu, že se po nových dopravnících bude přepravovat frakce 0/8 navrhuji dopravníky zcela zakrytovat z důvodů prašnosti. Nové dopravníky budou standardně osazeny snímači rotace, bezpečnostními lanky s vypínačem a tlačítky místního ovládání. Pod dopravníky bude nutné vybudovat betonové patky.

Kompletní strojní část rekonstrukce provede firma Strojírny Podzimek, se kterou již řadu let spolupracujeme.

Rekonstrukci rozvodů elektrické energie provede firma Engas, která již řadu let provádí automatizace a rozvody elektrické energie v naší firmě.

Z pohledu automatizace dojde ke změnám hlavně při spouštění linky. V současné době lze sekundární i terciární uzel pouštět samostatně. Důvodem proč to lze, je vyrovnávací zásobník nad terciárními drtiči. Po rekonstrukci zůstane vyrovnávací zásobník plně funkční, avšak bude nutné zajistit plynulý tok materiálu 0/8 na finální třídírnu. Proto bude možné spustit sekundární uzel jen tehdy, bude-li již spuštěn terciární uzel s finální

třídírnou. Naopak při poruše na finální třídírně bude nutné zastavit dopravníky i na sekundárním uzlu. V současnosti jsou na terciárním vyrovnávacím zásobníku instalovány dva ultrazvukové snímače hladiny nad každým drtičem, zásobník má totiž obdélníkový tvar. Snímač nad drtičem H 3800 bude tedy možné zrušit. Místo, kde bude instalován třídič Metso, bude nutné dostatečně osvětlit z důvodů údržby a obsluhy zařízení.

5 Vyhodnocení návrhu

5.1 Ekonomické zhodnocení

V ekonomickém zhodnocení jsem zpracovával předpokládané náklady a úspory. Není tam však zohledněna úspora času při údržbě, kterou tato rekonstrukce přinese, protože předpokládám, že nové zařízení na počátku provozu bude pracovat několik let bez větších poruch.

Tabulka č. 6: Investiční náklady

Investiční náklady	
Položka	Cena [Kč]
Nákup a instalace drtiče	9 075 000
Nákup a instalace třídiče	1 320 000
Dopravníky	1 029 700
Stavební práce	300 000
Elektro / automatizace	450 000
Ostatní	200 000
Celkem	12 374 700

Elektrická energie

Jedním z ukazatelů ekonomického zhodnocení je spotřeba elektrické energie před rekonstrukcí a po ní. Veškeré údaje týkající se tohoto hlediska jsem čerpal z monitorovacího systému spotřeby elektrické energie, který se na provozovně používá.

Systém monitoringu spočívá v tom, že každý spotřebič, jehož výkon je větší než 30 kW, je osazen impulzním elektroměrem. Data z elektroměru jsou odváděna do řídicí jednotky systému Maxcommunicátor, který je vyhodnocuje a předává do počítačové sítě celé společnosti Heidelberg cement. Z grafů a tabulek je pak možno vyčíst, jak dlouho stroje pracovaly bez zatížení a jak dlouho při zátěži.

Současná spotřeba

Instalovaný příkon H 4800	240 kW
Instalovaný příkon H 3800	160 kW
Podávací pásy	11 kW
Hodin pod zatížením za rok	1612
Cena za kWh	3,05 Kč
Roční spotřeba	2 020 722 Kč

Spotřeba po rekonstrukci

Instalovaný příkon CH 550	300 kW
Účinník drtiče	0,9
Podávací pás	5,5 kW
Třidič Metso	13 kW
Nové dopravníky	11 kW
Hodin pod zatížením za rok	1612
Cena za kWh	3,05 Kč
Roční spotřeba	1 620 019 Kč

Roční úspora na elektrické energii:

$$2\,020\,722 - 1\,620\,019 = \mathbf{400\,703\,Kč}$$

Náklady na údržbu

Před rekonstrukcí v roce 2013

Drtič H 3800	91 769 Kč
Podrceno	281 334 t
Drtič H 4800	400 313 Kč
Podrceno	330 261 t
Podrceno celkem	611 595 t
Náklady celkem	575 735 Kč
Náklady na jednu tunu	1 Kč

Po rekonstrukci

Pro výpočet předpokládaných nákladů drtiče budu vycházet z nákladů na jednu tunu pro rok 2013 což je 1 Kč.

Drtič zpracuje: $1612 \cdot 320 \cdot 1 = 515\,840 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$

Předpokládané náklady na třídič za pět let provozu deklarované výrobcem jsou 118 000 Kč.

Předpokládané roční náklady na třídiči $118\,000 / 5 = 23\,600 \text{ Kč}$

Roční náklady na nové dopravníky 8 000 Kč

Předpokládané náklady celkem $515\,840 + 23\,600 + 8\,000 = 547\,440 \text{ Kč}$

Roční úspora na nákladech po rekonstrukci:

$575\,735 - 547\,440 = 28\,295 \text{ Kč}$

Vyčíslení zvýšené produkce frakce 4/8 a snížení frakce 0/4

Frakce 4/8 v současnosti $1612 \cdot 61,3 = 98\,815 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$

Frakce 4/8 po rekonstrukci $1612 \cdot 78 = 125\,736 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$

Frakce 4/8 zvýšení o $125\,736 - 98\,815 = 26\,921 \text{ t}$

Průměrná cena 4/8 191 Kč

Přínos v ročním prodeji $26\,921 \cdot 191 = 5\,141\,911 \text{ Kč}$

Roční přínos v tržbě je 5 141 911 Kč.

Produkce frakce 0/4

Produkce frakce 0/4 se sníží z $177\,803 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ na $155\,558 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ což je o $22\,245 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ méně. Vyčíslovat snížení nákladů spojených se skladováním této frakce a jejím vyvážením je poměrně komplikované a bylo by značně nepřesné. Proto tento výpočet do ekonomické návratnosti nezařazují.

Zbytková cena drtičů H 4800 a H 3800

Po konzultaci s pracovníky firmy Sandvik nám byla **doporučena prodejní cena za oba drtiče 2 000 000 Kč.**

Závěr ekonomického zhodnocení

Pro vypracování závěrečného hodnocení si na jednu stranu položíme náklady celkové investice a na druhou stranu úspory, které tato investice přinese, a tržby ze zvýšeného prodeje frakce 4/8. U úspor jsem do prvního roku započítal cenu původních drtičů.

Náklady: 12 370 700 Kč

Úspory a zvýšená těžba první rok: 7 570 909 Kč

Úspory a zvýšená těžba následující rok: 5 570 909 Kč

5.2 Ekologické zhodnocení

Terciární stupeň je osazen odsáváním, jehož účinnost se díky úbytku jednoho drtícího místa zvýší. Dojde ke snížení vibrací a hluku. Díky snížení produkce frakce 0/4 se sníží emise skleníkových plynů při jejím vyvážení a následném nakládání. Na životní prostředí má kladný vliv i snížení spotřeby elektrické energie. Dá se očekávat i snížení prašnosti na místě, kde byl odkrytý přesyp. Zde bude stát plně zakrytovaný třídič Metso.

6 Závěr

Úkolem mé bakalářské práce byla rekonstrukce terciárního stupně drcení za účelem snížení výroby frakce 0/4 a naopak zvýšení produkce frakce 4/8.

V bakalářské práci jsem navrhl řešení, která výše uvedenému zadání odpovídá. V úvodu práce charakterizuji kamenolom Hrabůvka, dále se zabývám technologií těžby a zpracování lomového kamene. Jádrem mojí práce je popis úpravnické linky a to hlavně terciárního stupně drcení.

Do technologie jsem umístil třídič, který za druhým stupněm drcení oddělí frakci 0/8, která se již na terciárním stupni nezdobňuje a odchází přímo na finální třídírnu. Z důvodu změny kapacitních poměrů, které tímto nastanou, jsem na terciárním stupni drcení vyměnil dva menší kuželové drtiče za jeden větší, což přinese také úsporu ve všech sledovaných kritériích. Pomocí výpočtů jsem dokázal, že se podíl frakce 0/4 sníží oproti současné technologii o $22\,245\text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}$, což je v přepočtu na procenta o 12,5 % méně. Oproti tomu se zvýší podíl frakce 4/8 o $26\,921\text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}$, což je v přepočtu na procenta o 28 % více než doposud.

Celková cena mnou navrhované investice je 12 mil. Kč a její návratnost potrvá od dvou do tří let.

Věřím, že mnou navrhovaná úprava přinese i kladné ovlivnění životního prostředí z hlediska prašnosti, hluku, úspory elektrické energie a nafty spotřebované při vyvážení frakce 0/4.

Dalším nemalým přínosem pro prodej bude spokojený zákazník, který bývá v současné době pro nedostatek frakce 4/8 odmítán.

7 Seznam použité literatury

- [1] *POPD výhradního ložiska stavebního kamene v DP Hrabůvka. Pro roky 2002 – 2016*
- [2] ŽÍTKOVÁ, P. *Pokračování těžby v DP Hrabůvka: Oznámení o hodnocení vlivu na životní prostředí v rozsahu přílohy č.4 zákona č. 100/2001 Sb.* Opava, 2013, 71 s.
Dostupné z: www.cenia.cz/eia
- [3] KRYL, V. a kol.: *Povrchové dobývání ložisek*. 1. vyd. VŠB Technická univerzita Ostrava. 1997. 282 s., ISBN 80-7078-396-6.
- [4] SLIVKA, V. a kol.: *Těžba a úprava silikátových surovin*. 1. vyd. Praha: Silikátový svaz Praha, 2002, 443 s., ISBN 80-903113-0-x.
- [5] SANDVIK. *Příručka k údržbě pro drtiče Hydrocone řady 1800*. Švédsko, 2003, 400 s.
- [6] AMMANN AUFBEREITUNG GMBH. *Návod k obsluze a údržbě: Vibrační třídič Euroclass*. Viernheim (Německo), 220 s.
- [7] HEWITT ROBINS INTERNATIONAL LIMITED. *Návod k obsluze a údržbě*. Glasgow (Skotsko), 1997, 108 s
- [8] METSO. *Třídiče řady DF: Technická příručka pro údržbu*. Mâcon (Francie), 2014, 144 s.
- [9] SANDVIK. *Instalační a provozní příručka drtiče CH 550*. Svedala (Švédsko), 2014, 430 s.

8 Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Turistická mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj www.mapy.cz) ...	2
Obrázek č. 2: Letecká mapa s obcí a kamenolomem Hrabůvka (zdroj www.mapy.cz)	3
Obrázek č. 3: Rypadlo E 303 při nakládce (foto autor)	6
Obrázek č. 4: Primární uzel drcení (foto autor)	8
Obrázek č. 5: Drtič H 6800 (foto autor)	9
Obrázek č. 6: Drtiče H 3800 a H 4800 (foto autor)	10
Obrázek č. 7: Laboratorní třídič (foto autor)	14
Obrázek č. 8: Třídič Metso	22
Obrázek č. 9: Drtič Sandvik CH 550	23
Obrázek č. 10: Schéma drtiče Sandvik CH 550	24

9 Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Sítový rozbor před drcením s 0/8.....	15
Tabulka č. 2: Sítový rozbor po drcení s 0/8	16
Tabulka č. 3: Sítový rozbor před drcením bez 0/8.....	17
Tabulka č. 4: Sítový rozbor po drcení bez 0/8	18
Tabulka č. 5: Přepočet sítového rozboru	19
Tabulka č. 6: Investiční náklady	28

10 Seznam příloh

Příloha č. 1: Technologické schéma – Hrabůvka – část 1 a 2

Příloha č. 2: Technologické schéma - Hrabůvka – po rekonstrukci – část 1 a 2

Příloha č. 3: Úprava přesypu dopravníků 217 a 218 s třídičem Metso